

# 证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2003.08.05

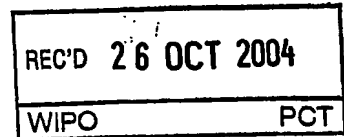
申 请 号： 03149765.9

申 请 类 别： 发明

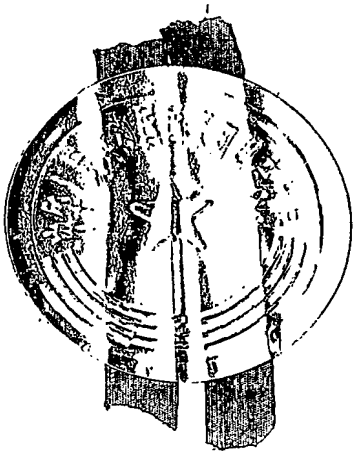
发明创造名称： 正交码C D M A 信号检测方法

申 请 人： 大唐移动通信设备有限公司

发明人或设计人： 王映民、杨贵亮、孙长果



BEST AVAILABLE COPY



PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

中华人民共和国  
国家知识产权局局长

王 景 川

2004 年 8 月 25 日

## 权 利 要 求 书

1. 一种正交码 CDMA 信号检测方法, 包括步骤: A. 利用信道估计码对输入的接收信号进行信道估计, 得到本小区所有用户的信道响应结果, 其特征在于还包括以下步骤:

5 B. 利用本小区所有用户的信道响应结果, 选择不进行联合检测, 则选择本小区所有的码道作为参与估算的干扰码道, 或者选择进行联合检测, 则选择不参与联合检测的本小区码道作为参与估算的干扰码道, 估算各个多径信号所受干扰的总功率;

10 C. 利用待检测用户的扩频码及其信道响应估计结果对输入的接收信号进行各个码道各个多径信号的匹配滤波, 并利用各个多径信号所受干扰的总功率, 对各个多径信号的匹配滤波结果进行最大比合并, 得到优化的匹配滤波结果;

D. 判断步骤 B 中是选择不进行联合检测时终止本步骤, 输出优化的匹配滤波结果为正交码 CDMA 信号的检测结果; 判断步骤 B 中是选择进行联合检测时, 进一步执行步骤 E;

15 E. 对步骤 C 获得的优化的匹配滤波结果进行联合检测, 获得联合检测结果为正交码 CDMA 信号的检测结果。

2. 根据权利要求 1 所述的正交码 CDMA 信号检测方法, 其特征在于: 所述步骤 B 中估算各个多径信号所受干扰的总功率进一步包括:

20 B1. 利用信道响应结果  $h_i^{(k)}$  通过公式  $p_{I,i} = \sum_{\text{干扰码道 } k} \|h_i^{(k)}\|^2$  估算每个时延位置上干扰码道的总功率  $P_{I,i}$ ,  $k=1, \dots, K$  代表不同的信道估计窗;

B2. 根据正交码的特性, 通过公式  $I_i = \sum_{j=1}^W p_{I,j} - p_{I,i}$  估算出每个时延位置上信号码道受到干扰码道干扰的总功率  $I_i$ ,  $i=1, \dots, W$ ,  $W$  表示信道估计的窗长;

B3. 通过公式  $\sigma_{total,i}^2 = \beta I_i + \sigma_{n0}^2$  进一步估算得到各个多径信号所受干扰的总功率  $\sigma_{total,i}^2$ ,  $\sigma_{n0}^2$  是邻近小区干扰及热噪声的功率,  $\beta$  是对每个时延位置上信号码道受到干扰码道干扰的干扰估算的加权因子。

3. 根据权利要求 2 所述的正交码 CDMA 信号检测方法, 其特征在于: 所述  $\beta$  的取值范围为 0.5 至 2。

4. 根据权利要求 3 所述的正交码 CDMA 信号检测方法, 其特征在于: 所述  $\beta$  的取值为 1。

5. 根据权利要求 1 所述的正交码 CDMA 信号检测方法, 其特征在于所述步骤 C 获得优化的匹配滤波结果进一步包括:

10 C1. 利用各个多径信号所受干扰的总功率  $\sigma_{total,i}^2$ , 通过公式  $w_i^{(k)} \propto \frac{1}{\sigma_{total,i}^2}$  求得各个码道各个时延位置上匹配滤波后的加权系数  $w_i^{(k)}$ ;

C2. 利用公式

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{d}}_{MF} &= \mathbf{w}_1 \mathbf{A}_1^* \mathbf{e} + \mathbf{w}_2 \mathbf{A}_2^* \mathbf{e} + \dots + \mathbf{w}_W \mathbf{A}_W^* \mathbf{e} \\ &= \sum_{i=1}^W \mathbf{w}_i \mathbf{A}_i^* \mathbf{e} \\ &= \mathbf{B}^* \mathbf{e}\end{aligned}$$

得到优化的匹配滤波结果  $\hat{\mathbf{d}}_{MF}$ , 加权系数矩阵  $\mathbf{w}_i = \text{diag}(w_i^{(1)}, w_i^{(2)}, \dots, w_i^{(K)}) \otimes \mathbf{I}$ ,  $\otimes$  是

15 Kroneck 积,  $\mathbf{I}$  是单位矩阵,  $\mathbf{A}$  是系统响应矩阵,  $\mathbf{B} = \sum_{i=1}^W \mathbf{w}_i \mathbf{A}_i$ ,  $\mathbf{e}$  为输入的接收信号。

6. 根据权利要求 1 所述的正交码 CDMA 信号检测方法, 其特征在于所述步骤 E 进行联合检测进一步包括: 采用线性块均衡的联合检测方法, 通过公式  $\hat{\mathbf{d}} = (\mathbf{T})^{-1} \mathbf{B}^* \mathbf{e}$  进行联合检测获得联合检测结果  $\hat{\mathbf{d}}$ ,  $\mathbf{B}^* \mathbf{e}$  是步骤 C 获得的优化的匹

20 配滤波结果,  $\mathbf{e}$  是输入的接收信号,  $(\mathbf{T})$  通过公式  $\mathbf{T} = \begin{cases} \mathbf{B}^* \mathbf{A} & \text{ZF-BLE} \\ \mathbf{B}^* \mathbf{A} + \sigma_n^2 \mathbf{I} & \text{MMSE-BLE} \end{cases}$

求出,  $\sigma_n^2$  表示干扰功率。

7. 根据权利要求 1 所述的正交码 CDMA 信号检测方法, 其特征在于所述步骤 E 进行联合检测进一步包括: 采用判决反馈和干扰抵消的方法对步骤 C 获得的优化的匹配滤波结果进行联合检测。

## 正交码 CDMA 信号检测方法

### 技术领域

本发明涉及移动通信技术领域，是一种适用于正交码码分多址移动通信系统的接收信号检测方法。

### 背景技术

在 CDMA 移动通信系统中，存在着严重的多址干扰和符号间干扰。传统的对单用户的接收信号检测采用匹配滤波方法，由匹配滤波器对经过信道响应的用户的扩频序列波形进行相关匹配运算，实现信号与干扰的分离和检测。在多址干扰和多径干扰严重的情况下，传统的单用户匹配滤波方法的性能将不能满足要求。在时隙 CDMA 系统中，可以采用联合检测技术，即利用所有用户的发送信号及其信道响应的信息，将信号检测当作一个统一的相互关联的联合检测过程来完成。采用该联合检测方法检测接收信号，可抑制多址干扰和符号间干扰，极大地提高码分多址系统的性能。

但是，采用联合检测方法达到改善系统性能的目的是要付出代价的，主要有以下两方面的原因：

1) 在进行联合检测时，接收机必须知道当前接入的所有用户码道的信道化码及其信道响应的完整信息。在某些情况下，尤其是在用户终端接收下行链路信号时，往往因难以完整地得到这些信息而不能采用联合检测方法。

2) 联合检测方法的计算复杂度远远高于单用户匹配滤波方法，高复杂度给实现带来较大的困难，并影响到成本、功耗和可靠性等指标。

因此，针对不同的条件（信道环境优劣，是否能得到完整信息等条件）和要求（性能及实现复杂度要求等）提供相应的信号检测解决方案就成了码分多址移动通信系统应用和发展的一个重要的技术需求。

另一方面, 在 3GPP TDD 标准中, 定义了三种信道估计码的分配方式: 公共 (common)、缺省 (default) 和指定 (specific) 方式。其中的 common 和 default 方式因能满足上述第一条件而可以采用联合检测技术, 但其中的 specific 方式, 则更适用于某些大容量用户的情况, 因为在 specific 方式下, 各用户终端只知道本用户的扩频码及其对应的信道响应, 无法知道其它用户的信道估计码与扩频码之间的对应关系, 因此, 在这种情况下难以利用其它码道的信息进行联合检测, 导致终端接收检测的性能下降。

另外, 在某些应用中, 希望简化接收检测的算法。一个例子是: 在终端接收下行高速率数据的应用 (如高速下行分组接入: HSDPA) 中, 让终端实现复杂度较高的接收检测算法有困难; 再一个例子是: 在某些信道环境相对较好的情况下, 就没有做联合检测的必要, 不需要采用复杂的算法。

针对上述需求, 我们必须充分利用码分多址移动通信系统的特点来研究新的信号检测方法。

在 3GPP TDD 系统中, 可以利用两个重要的信息: 一个是扩频码的正交性; 另一个是由信道估计码可以得到所有用户的信道估计结果。

关于扩频码的正交性。在正交码分多址系统中, 扩频码是由相互正交的信道化码与小区扰码相乘的乘积, 同一小区的不同码道之间存在正交性。比如, 3GPP TDD 标准中复数扩频码  $\underline{c}^{(k_m)}$  是被  $j$  调制的二进制数, 下行链路的扩频码  $\underline{c}^{(k_m)}$  可由下式得到:

$$\underline{c}^{(k_m)} = w_{16}^{(k)} \cdot \underline{c}_{16}^{(k)} \cdot \underline{y}$$

其中,  $\underline{c}_{16}^{(k)}$  是对应  $k_m$  的信道化码 (扩频因子为 16, 序号为  $k$  的沃尔什码),  $w_{16}^{(k)}$  是与之对应的复数因子,  $\underline{y}$  是由小区决定的复数扰码矢量。

扩频码之间存在正交性, 即满足下式:

$$\underline{c}^{(k_1)*T} \cdot \underline{c}^{(k_2)} = \begin{cases} 16 & k_1 = k_2 \\ 0 & k_1 \neq k_2 \end{cases}$$

式中\* $T$ 表示共轭转置（同符号 $H$ ），当扩频因子为16时，两个同序号的扩频码内积结果为16，两个不同序号的扩频码内积结果为0。

关于多用户的信道估计。在3GPP TDD系统中，利用信道估计码可以得到本小区所有用户的信道响应结果 $h^{(k)}$ ，表示成下式：

$$h^{(k)} = (h_1^{(k)}, h_2^{(k)}, \dots, h_W^{(k)})^T$$

5

式中， $k=1, \dots, K$ ，代表不同的信道估计窗， $W$ 表示信道估计的窗长， $T$ 表示转置。

在3GPP TDD标准给出的各种信道估计码分配方式中，虽然不能保证得到信道估计码与扩频码之间确定的对应关系，但是可以保证得到对应不同用户10 的确定的信道响应估计结果。这个信道响应估计结果可以反映信道估计窗口所对应的一个或多个码道的完整的信道响应，能反映出多径响应的时间波形和功率特性。

### 发明内容

本发明的目的是提供一种正交码CDMA信号检测方法，通过充分利用正15 交码的特性检测正交码CDMA信号，以简单的方式改进实现匹配滤波方法或联合检测方法，可以以较小的代价换取移动通信系统性能的改善。

实现本发明目的的技术方案是这样的：一种正交码CDMA信号检测方法，包括步骤：A. 利用信道估计码对输入的接收信号进行信道估计，得到本小区所有用户的信道响应结果，其特征在于还包括以下步骤：

20

B. 利用本小区所有用户的信道响应结果，选择不进行联合检测，则选择本小区所有的码道作为参与估算的干扰码道，或者选择进行联合检测，则选择不参与联合检测的本小区码道作为参与估算的干扰码道，估算各个多径信号所受干扰的总功率；

C. 利用待检测用户的扩频码及其信道响应估计结果对输入的接收信号进行各个码道各个多径信号的匹配滤波，并利用各个多径信号所受干扰的总功率，对各个多径信号的匹配滤波结果进行最大比合并，得到优化的匹配滤波结果；

5 D. 判断步骤 B 中是选择不进行联合检测时终止本步骤，输出优化的匹配滤波结果为正交码 CDMA 信号的检测结果；判断步骤 B 中是选择进行联合检测时，进一步执行步骤 E；

E. 对步骤 C 获得的优化的匹配滤波结果进行联合检测，获得联合检测结果为正交码 CDMA 信号的检测结果。

10 本发明提供了一种正交码 CDMA 信号的检测方法，具体的实现过程主要包括：估算各个多径信号所受干扰的总功率；对各个多径信号进行匹配滤波并利用各个多径信号所受干扰的功率进行最大比合并，得到优化的匹配滤波输出；和对优化的匹配滤波输出进行联合检测。可有两种实施方案：采用优化匹配滤波检测方案时，只需执行前两个主要步骤；在采用联合检测方案时，执行全部三个主要步骤。

15 本发明的方法，利用信道估计的结果和正交码的特性来估计信号每一径所受的干扰，并利用估计的干扰进行最大比合并。本发明的方法充分利用了正交码的特性和多用户信道估计的结果，以简单的方式改进实现了匹配滤波方法或联合检测方法，可以以较小的代价换取移动通信系统性能的改善。

本发明在下述两种情况下具有重要意义：

20 1) 在某些情况下，接收机不能得到当前接入的干扰用户码道的信道化码及其对应的信道响应的完整信息时，通过采用本发明的方法，充分利用接收机可以得到的信息，也即正交码的特性和多用户信道估计的结果，改进了原有的匹配滤波和联合检测算法，实现了系统性能的改善。

25 2) 在某些情况下，由于接收机实现复杂度的限制，只能实现匹配滤波方法，而不能采用联合检测方法时，利用本发明提供的优化匹配滤波方法，其复杂度与传统匹配滤波方法接近，而性能却有明显的提高。本发明为实现



低复杂度接收机性能的改进提供了一种解决方案。

本发明的方法适用于采用正交码的时隙 CDMA 系统，尤其适用于终端接收机的应用。当然，在基站接收机中也可以采用本发明的方法。

## 附图说明

5 图 1 是实施本发明方法的流程框图。

## 具体实施方式

本发明的方法是针对采用正交码的时隙 CDMA 系统，利用扩频码的正交特性和多用户的信道响应提出的一种正交码 CDMA 信号的检测方法，可针对不同的条件和要求提供相应的信号检测解决方案。

10 结合图 1，详细说明本发明方法的具体执行步骤。

步骤 11，利用信道估计码对输入的接收信号进行信道估计，获得信道估计结果  $h_i^{(k)}$ （信道估计是每一个移动通信系统必须进行的步骤，本发明方法是在利用信道估计结果的基础上进行的）。

步骤 12，利用信道估计的结果估算各个多径信号所受干扰的总功率  $\sigma_{total,i}^2$ 。

15 利用信道估计的结果可以估计出干扰码道在每个时延位置上的总功率。正交码的特性之一是相同时延位置上的不同正交码道之间的相互干扰功率为零，根据该特性，某一信号码道在每个时延位置上受到干扰码道的总干扰功率，应该为所有时延位置上干扰码道功率之和，减去与该时延位置相同的时延位置上的干扰码道功率（下述公式 2）。信号码道在每个时延位置上受到的总的干扰  
20 功率，就是本小区干扰码道的干扰功率加上邻近小区和热噪声的功率（下述公式 3）。

首先利用信道估计的结果  $h_i^{(k)}$  估算在每个时延位置上干扰码道的总功率  $P_{I,i}$ （符号 I 仅表征干扰）：

$$P_{I,i} = \sum_{\text{干扰码道 } k} \|h_i^{(k)}\|^2 \quad \text{公式 (1)}$$

式中,  $i=1, \dots, W$ ,  $W$  表示信道估计的窗长,  $k=1, \dots, K$ , 代表不同的信道估计窗, 需要注意的是, 式中的“干扰码道  $k$ ”, 可以取不参与联合检测的本小区码道求和 (选择进行联合检测时) 或包括本用户本码道的本小区所有的码道求和 (选择不进行联合检测时)。取前者时在后续步骤中将采用联合检测方法, 5 利用扩频码信道估计结果对加权优化匹配滤波结果进行联合检测并输出联合检测结果; 取后者时将在后续步骤中仅利用多用户的信道估计结果、输入的接收信号和估算的各个多径信号干扰功率进行加权优化匹配滤波并输出匹配滤波结果;

10 然后根据正交码的特性 (同一时延位置上的正交码的干扰应为零), 估算出每个时延位置 (或称抽头位置, 共有  $W$  个时延位置) 上信号码道受到干扰码道干扰的总功率  $I_i$ :

$$I_i = \sum_{j=1}^W p_{i,j} - p_{i,i} \quad \text{公式 (2)}$$

15 进一步估算得到各个多径信号所受干扰的总功率  $\sigma_{total,i}^2$ , 即每个时延位置上信号码道受到干扰码道干扰的总功率与邻近小区干扰及热噪声干扰之和, 表示成下式:

$$\sigma_{total,i}^2 = \beta I_i + \sigma_{n0}^2 \quad \text{公式 (3)}$$

其中,  $\sigma_{n0}^2$  是邻近小区干扰及热噪声的功率;  $\beta$  是对公式 (2) 进行每个时延位置上信号码道受到干扰码道干扰的干扰估算的加权因子, 其取值范围可为 0.5 至 2, 本实施例取为 1。

20 步骤 13, 通过对各个多径信号进行匹配滤波并利用各个多径信号所受的干扰功率进行最大比合并, 得到优化的匹配滤波输出。利用待检测用户的扩频码在每个时延位置上的信道响应估计结果对信号码道的每个多径信号进行相关匹配滤波, 并利用步骤 12 得到的信号码道在每个时延位置上所受干扰的总功率, 对各个多径信号的匹配滤波结果按最大比合并进行加权求和, 得到优化的匹配滤波输出。

25 滤波输出。

设各个码道各个时延位置上匹配滤波后的加权系数为  $w_i^{(k)}$ ，它应该和总的干扰功率  $\sigma_{total,i}^2$  成反比，表示成下式：

$$w_i^{(k)} \propto \frac{1}{\sigma_{total,i}^2} \quad \text{公式 (4)}$$

由此得到优化的匹配滤波的输出为：

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{d}}_{MF} &= \mathbf{w}_1 \mathbf{A}_1^* \mathbf{e} + \mathbf{w}_2 \mathbf{A}_2^* \mathbf{e} + \cdots + \mathbf{w}_W \mathbf{A}_W^* \mathbf{e} \\ &= \sum_{i=1}^W \mathbf{w}_i \mathbf{A}_i^* \mathbf{e} \\ &= \mathbf{B}^* \mathbf{e} \end{aligned} \quad \text{公式 (5)}$$

式中， $\mathbf{w}_i = \text{diag}(w_i^{(1)}, w_i^{(2)}, \dots, w_i^{(K)}) \otimes \mathbf{I}$ ，为加权系数矩阵， $\otimes$  是 Kroneck 积， $\mathbf{I}$  是单位矩阵； $\mathbf{A}$  是系统响应矩阵， $\mathbf{B} = \sum_{i=1}^W \mathbf{w}_i \mathbf{A}_i$ ， $\mathbf{e}$  为输入的接收信号。

如果在步骤 12 中，参与估算的干扰码道是本小区所有的码道（即选择不进行联合检测）时终止本步骤，输出优化的匹配滤波结果为正交码 CDMA 信号的检测结果，即图中 1 端输出的匹配滤波结果  $\hat{\mathbf{d}}_{MF}$  就是检测正交码 CDMA 信号的结果；如果在步骤 12 中，参与估算的干扰码道是不进行联合检测的本小区码道（即选择进行联合检测）时，进一步执行步骤 14；

步骤 14，对优化的匹配滤波输出进行联合检测。利用扩频码及其对应的信道响应（信道估计结果），对步骤 13 获得的匹配滤波结果进行联合检测。联合检测可以采用线性处理的方案，也可以采用非线性处理的方案。经联合检测后，图中 2 端得到多码道信号的联合检测输出结果即为正交码 CDMA 信号的检测结果。

可以采用判决反馈和干扰抵消的方法实现联合检测（传统使用的联合检测方法之一），或采用线性块均衡的方法实现联合检测。其中采用线性块均衡的联合检测算法为：

$$\hat{\mathbf{d}} = (\mathbf{T})^{-1} \mathbf{B}^* \mathbf{e} \quad \text{公式 (6)}$$

其中  $(\mathbf{T})$  可通过下式求出：

$$\mathbf{T} = \begin{cases} \mathbf{B}^* \mathbf{A} & \text{ZF-BLE} \\ \mathbf{B}^* \mathbf{A} + \sigma_n^2 & \text{MMSE-BLE} \end{cases}$$

式中 ZF-BLE 为零迫零一块线性均衡方式，MMSE-BLE 为最小均方误差一块线性均衡方式， $\sigma_n^2$  表示包括本小区干扰码道在内的所有干扰的功率。

综上所述，本发明方法在实际应用时，有两种典型的选择方案：

5 一种是采用联合检测的方案。这种方案需要完整地实现上述步骤（步骤 12、13、14），但在步骤 12 中估算各个多径信号所受干扰功率时，干扰码道  $k$  是不参与联合检测的其它正交码道求和。

10 另一种是不采用联合检测的方案，这种方案只采用上述优化匹配滤波（步骤 12、13）的步骤，但在步骤 12 中估算各个多径信号所受干扰功率时，干扰码道  $k$  是取所有的正交码道（包括本用户本码道）求和。

本发明的方法尤其适用于正交码分多址系统的终端设备中，当然也可应用于基站设备中。

# 说明书附图

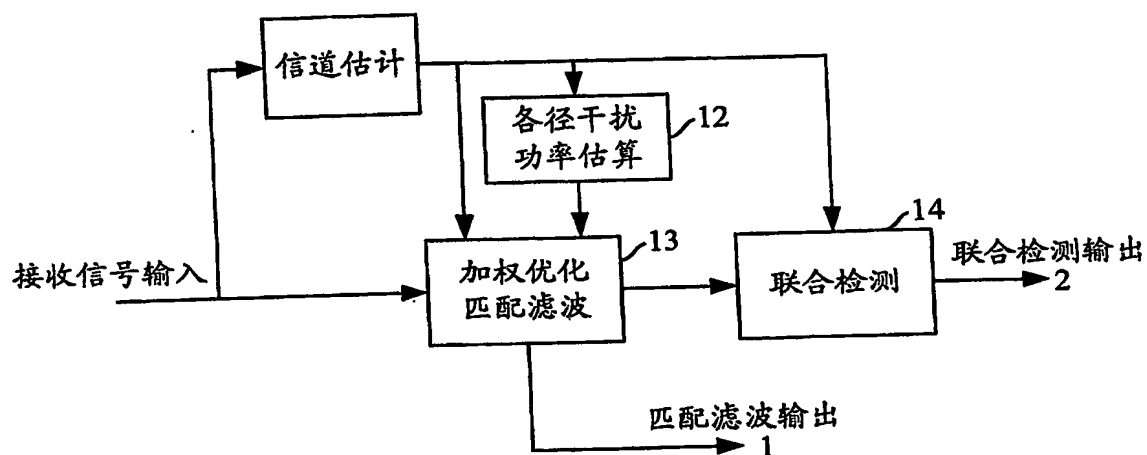


图 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**